

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-278784  
 (43)Date of publication of application : 07.10.2004

(51)Int.Cl.

F16H 48/08  
 C21D 1/06  
 C21D 9/40  
 C23C 8/32  
 F16C 19/16  
 F16C 19/36  
 F16C 33/32  
 F16C 33/34  
 F16C 33/62  
 F16H 57/02

(21)Application number : 2004-025456

(71)Applicant : NTN CORP

(22)Date of filing : 02.02.2004

(72)Inventor : OKUGAMI KOICHI

MURAMATSU YOSHINORI  
 OKI TSUTOMU

(30)Priority

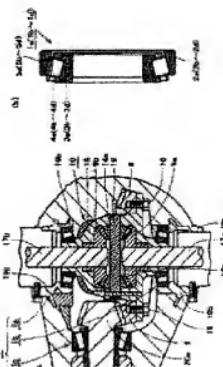
Priority number : 2003053150 Priority date : 28.02.2003 Priority country : JP

**(54) SUPPORTING STRUCTURE FOR DIFFERENTIAL, COMPONENT OF DIFFERENTIAL, MANUFACTURING METHOD FOR SUPPORTING STRUCTURE OF DIFFERENTIAL AND MANUFACTURING METHOD FOR COMPONENT OF DIFFERENTIAL**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide supporting structure for a differential elongating life against fatigue, to provide a component of a differential, to provide a manufacturing method for supporting structure of a differential, and a manufacturing method for a component of a differential.

**SOLUTION:** The supporting structure 1 of a differential rotatably supports the differential 10, and has inner rings 3a-3d disposed to the differential 10, outer rings 2a-2d disposed to outer peripheral parts 19a, 19b formed around the differential 10, and tapered roller bearings



4a-4b rolling between the inner rings 3a, 3b and the outer rings 2a, 2b. At least one member out of the inner rings 3a-3d, the outer rings 2a-2d and the tapered roller bearings 4a-4b has a carbonitrided layer whose austenitic grain size number exceeds No. 10.



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、  
 前記デファレンシャルに配置された内輪と、  
 前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
 前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備え、  
 前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくともいずれか 1 つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある、デファレンシャルの支持構造。

## 【請求項 2】

10

デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、  
 前記デファレンシャルに配置された内輪と、  
 前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
 前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備え、  
 前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくともいずれか 1 つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が 2650 MPa 以上である、デファレンシャルの支持構造。

## 【請求項 3】

20

デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、  
 前記デファレンシャルに配置された内輪と、  
 前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
 前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備え、  
 前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくともいずれか 1 つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が 0.5 ppm 以下である、デファレンシャルの支持構造。

## 【請求項 4】

前記デファレンシャルは円すいころ軸受により回転自在に支持されていることを特徴とする、請求項 1～3 のいずれかに記載のデファレンシャルの支持構造。

## 【請求項 5】

30

前記デファレンシャルは深溝玉軸受により回転自在に支持されていることを特徴とする、請求項 1～3 のいずれかに記載のデファレンシャルの支持構造。

## 【請求項 6】

2 つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品であって、  
 前記構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある、デファレンシャルの構成部品。

## 【請求項 7】

2 つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品であって、  
 前記構成部品が窒素富化層を有し、破壊応力値が 2650 MPa 以上である、デファレンシャルの構成部品。

40

## 【請求項 8】

2 つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品であって、  
 前記構成部品が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が 0.5 ppm 以下である、デファレンシャルの構成部品。

## 【請求項 9】

デファレンシャルに配置された内輪と、  
 前記デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、  
 前記内輪と前記外輪との間を転動する転動体とを備えた、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造の製造方法であって、

50

$A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度で鋼を浸炭窒化処理した後、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却し、その後、前記 $A_1$ 変態点以上で前記浸炭窒化処理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、前記内輪、前記外輪、および前記転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が製造されることを特徴とする、デファレンシャルの支持構造の製造方法。

【請求項10】

前記焼入れ温度域が790°C～830°Cの温度域である、請求項9に記載のデファレンシャルの支持構造の製造方法。

【請求項11】

2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、前記歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品の製造方法であって、

$A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度で鋼を浸炭窒化処理した後、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却し、その後、前記 $A_1$ 変態点以上で前記浸炭窒化処理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、前記構成部品が製造されることを特徴とする、デファレンシャルの構成部品の製造方法。

【請求項12】

前記焼入れ温度域が790°C～830°Cの温度域である、請求項11に記載のデファレンシャルの構成部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、デファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法に関し、疲労特性の長寿命化を実現可能なデファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

深溝玉軸受や円すいころ軸受などの転動体軸受は、転動体と軌道輪と保持器とで構成される。転動体が軌道輪の間に転動する際には、転動体と軌道輪とが点接触あるいは線接触する構造であるため、軸受投影面積が小さい割に高負荷容量と高剛性が得られる利点を有している。したがって、希薄潤滑下や高速回転下での運転等の苛酷な条件で使用する支持構造に転動体軸受は好適であり、たとえば自動車のデファレンシャルの支持構造に使用されている。

30

【0003】

このような自動車のデファレンシャルの支持構造における軸受部品の転動疲労に対して、長寿命を与える熱処理方法として、焼入れ加熱時の雰囲気RXガス中にさらにアンモニアガスを添加するなどして、その軸受部品の表層部に浸炭窒化処理を施す方法がある（たとえば特開平8-4774号公報、特開平11-101247号公報）。この浸炭窒化処理法を用いることにより、表層部を硬化させ、ミクロ組織中に残留オーステナイトを生成させ、転動疲労寿命を向上させることができる。

40

【特許文献1】特開平8-4774号公報

【特許文献2】特開平11-101247号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、自動車のデファレンシャルの支持構造には、主に重力に基づくラジアル荷重が加わる。また自動車のデファレンシャルの支持構造においては、ビニオンギヤとサイドギヤとの噛み合い位置が変動してしまうことを避けるために、デファレンシャルを支持する転動体には、ラジアル方向に相当の荷重が加えられている。さらに、自動車のデフ

50

アレンシャルの支持構造においては、ビニオンギヤとサイドギヤとがねじれ角を持って嵌合している。したがってこの嵌合によりスラスト荷重が発生する。また、ビニオンギヤとサイドギヤとの嵌合部分の静歯性を向上する目的で、デファレンシャルを支持する転動体に対してスラスト方向に相当の予圧が加えられている。これらの荷重が合成されて、デファレンシャルを支持する転動体には、スラスト方向に相当の荷重が加えられている。デファレンシャルの支持構造においては、十分な転動疲労特性を得るために十分な大きさが必要であり、これによりデファレンシャルの小型化が図れないという問題があった。

#### 【0005】

また、上記の浸炭窒化処理方法は炭素および窒素を拡散させる拡散処理であるため、長時間高温に保持する必要がある。このため、組織が粗大化する等して耐割れ強度の向上を図ることは困難である。また、残留オーステナイトの増加による経年寸法変化率の増大も更なる長寿命化の妨げとなっている。

10

#### 【0006】

一方、転動疲労に対して長寿命を確保し、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率の増大を防ぐために、鋼の合金設計により組成を調整することによって対処することが可能である。しかし合金設計によると、原材料コストが高くなるなどの問題点が発生する。

#### 【0007】

今後の軸受部品には、使用環境の高荷重化、高温化にともない、従来と比較してより大きな荷重条件でかつより高温で使用できる特性を備えることが要求される。このため、高強度で、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有する軸受部品が必要になる。また、デファレンシャルの支持構造における軸受部品に限らず、デファレンシャルを構成する車歯および軸などの構成部品についても、疲労特性の長寿命化が求められていた。

20

#### 【0008】

したがって本発明は、疲労特性の長寿命化を実現可能なデファレンシャルの支持構造、デファレンシャルの構成部品、デファレンシャルの支持構造の製造方法、およびデファレンシャルの構成部品の製造方法を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

本発明の一の局面にしたがうデファレンシャルの支持構造は、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動する転動体とを備えている。内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。

30

#### 【0010】

本発明の一の局面によれば、内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材のオーステナイト粒径が微細であることにより、耐割れ強度、寸法安定性および転動疲労寿命が大幅に改良される。また、これによりデファレンシャルの支持構造を小さくできるので、デファレンシャルの小型化が図れる。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、転動疲労寿命は大きく改善されないので、10番を超える範囲とする。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、上記窒素富化層は、あとで説明するように、浸炭窒化処理により形成されるが、上記窒素富化層に炭素が富化されていてもよいし、富化されていてもよい。デファレンシャルの支持構造の内輪、外輪および転動体のオーステナイト粒は、浸炭窒化処理の影響を大きく受けている表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の範囲の対象となる位置は、表層部および内部とする。また、オーステナイト結晶粒とは、焼入れ加熱中に相変態したオーステナイトの結晶粒のことであり、これは、冷却によりマルテンサイトへ相変態した後も、過去の履歴として残存しているものをいう。

40

50

## 【0011】

本発明の他の局面にしたがうデファレンシャルの支持構造は、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動する転動体とを備えている。内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が2650MPa以上である。

## 【0012】

本願発明者らは、鋼をA<sub>1</sub>変態点を超える浸炭窒化処理温度で浸炭窒化処理した後、A<sub>1</sub>変態点未満の温度に冷却し、その後にA<sub>1</sub>変態点以上の焼入れ温度域に再加熱し焼入れを行なうことにより、窒素富化層を有する鋼の破壊応力値を、従来では得られなかつた2650MPa以上にできることを見出した。これにより、従来と比較して破壊応力値に優れ、それにより強度の高いデファレンシャルの支持構造を得ることができる。

10

## 【0013】

本発明のさらに他の局面にしたがうデファレンシャルの支持構造は、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造であって、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動する転動体とを備えている。内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が0.5ppm以下である。

## 【0014】

本発明のさらに他の局面によれば、水素に起因する鋼の脆化を軽減することができる。鋼の水素含有率が0.5ppmを超えると鋼の割れ強度は低下する。したがってこのようないくつかの鋼は、苛酷な荷重がかかるデファレンシャルの支持構造にはあまり適さなくなる。水素量は低い方が望ましい。しかし、0.3ppm未満に減らすためには長時間の加熱が必要になり、オーステナイト粒径が粗大化し、かえって韌性が低下してしまう。このため、より望ましい水素含有率は0.3～0.5ppmの範囲である。さらに望ましくは、0.3～0.45ppmの範囲である。

20

## 【0015】

なお、上記の水素含有率は、拡散性水素は測定の対象にはせず、所定温度以上で鋼から放出される非拡散性水素のみを測定の対象とするものである。サンプルサイズが小さければ、常温でもサンプルから放出され散逸してしまうので、拡散性水素量は測定の対象から外している。非拡散性水素は、鋼中の欠陥部などにトラップされており、所定の加熱温度以上ではじめてサンプルから放出される水素である。この非拡散性水素に限定しても、水素含有率は測定方法によって大きく変動する。上記の水素含有率範囲は熱伝導度法による測定方法による範囲である。さらに、後記するように、LECO社製DH-103型水素分析装置またはそれに準じる測定装置を用いて測定することが望ましい。

30

## 【0016】

上記のデファレンシャルの支持構造において好ましくは、デファレンシャルは円すいころ軸受もしくは深溝玉軸受により回転自在に保持されている。

## 【0017】

これにより、簡易な構成でデファレンシャルの支持構造が構成され、かつ高度の耐削れ強度と寸法安定性とを有し、転動疲労寿命に優れたデファレンシャルの支持構造が得られる。

40

## 【0018】

本発明の一の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品である。構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。

## 【0019】

本発明の一の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品によれば、構成部品のオーステナイト粒径が微細であることにより、上記デファレンシャルの支持構造と同様の理由か

50

ら、耐割れ強度、寸法安定性および疲労寿命が大幅に改良される。

【0020】

本発明の他の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品である。構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品の破壊応力値が2650MPa以上である。

【0021】

これにより、上記デファレンシャルの支持構造と同様の理由により、従来と比較して破壊応力値に優れ、それにより強度の高いデファレンシャルを得ることができる。

10

【0022】

本発明のさらに他の局面にしたがうデファレンシャルの構成部品は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品である。構成部品が窒素富化層を有し、その構成部品の水素含有率が0.5ppm以下である。

【0023】

これにより、上記デファレンシャルの支持構造と同様の理由により、水素に起因する鋼の脆化を軽減することができる。

【0024】

本発明のデファレンシャルの支持構造の製造方法は、デファレンシャルに配置された内輪と、デファレンシャルの周囲に形成された外周部分に配置された外輪と、内輪と外輪との間を転動する転動体とを備えた、デファレンシャルを回転自在に支持する支持構造の製造方法である。 $A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度で鋼を浸炭窒化処理した後、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却し、その後、 $A_1$ 変態点以上で浸炭窒化処理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、内輪、外輪、および転動体のうち少なくともいずれか1つの部材が製造される。

20

【0025】

本発明のデファレンシャルの構成部品の製造方法は、2つの車輪の各々を差動させるための歯車と、歯車に連結した軸とを備えたデファレンシャルに組み込まれたデファレンシャルの構成部品の製造方法である。 $A_1$ 変態点を超える浸炭窒化処理温度で鋼を浸炭窒化処理した後、 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却し、その後、 $A_1$ 変態点以上で浸炭窒化処理の温度未満の焼入れ温度域に再加熱し、焼入れを行なうことにより、構成部品が製造される。

30

【0026】

本発明のデファレンシャルの支持構造の製造方法およびデファレンシャルの構成部品の製造方法によれば、浸炭窒化処理後 $A_1$ 変態点未満の温度に冷却した後に最終的な焼入れを行なうので、オーステナイト粒径を細かくすることができます。この結果、シャルピー衝撃値、破壊靭性値、割れ強度、疲労寿命などを向上させることができる。

【0027】

さらに、たとえばオーステナイトが変態する温度にまで冷却することにより、浸炭窒化処理の際のオーステナイト粒界と最終焼入れの際のオーステナイト粒界とを無関係にすることができる。さらに、最終焼入れの際の加熱温度が浸炭窒化処理時の加熱温度よりも低いので、浸炭窒化処理の効果が及ぶ表面部における未溶解セメントサイト量は浸炭窒化処理のときよりも増大する。このため最終焼入れの加熱温度において、浸炭窒化処理のときより、未溶解セメントサイト量の比率が増大し、オーステナイト量の比率が低下する。しかも、鉄-炭素2%の状態図から、セメントサイトとオーステナイトとの共存領域において、焼入れ温度の低下にともないオーステナイトに固溶する炭素濃度も低くなる。

40

【0028】

最終焼入れ温度に加熱したとき、オーステナイト粒の成長を妨げる未溶解セメントサイト量が多いために、オーステナイト粒は微細となる。また、焼入れによってオーステナイトからマルテンサイトやベイナイトに変態した組織は炭素濃度が低いので、浸炭窒化処理温度から焼き入れた組織に比べて韌性に富んだ組織となる。

50

## 【0029】

本発明のデファレンシャルの支持構造の製造方法およびデファレンシャルの構成部品の製造方法において好ましくは、焼入れ温度域が790℃～830℃の温度域である。

## 【0030】

この構成により、オーステナイト結晶粒の成長が生じにくい温度に再加熱して焼入れするので、オーステナイト粒径を細かくすることができる。

## 【0031】

なお、オーステナイト結晶粒は、対象とする部材の金相試料に対してエッティングなど、粒界を顕出する処理を施して観察することができる粒界であればよい。低温焼入れ直前の加熱された時点での粒界という意味で、旧オーステナイト粒と呼ぶ場合がある。測定は、  
J I S 規格の粒度番号の平均値から平均粒径に換算して求めてもよいし、切片法などにより金相組織に重ねたランダム方向の直線が粒界と会合する間の間隔長さの平均値をとってよい。

10

## 【発明の効果】

## 【0032】

本発明のデファレンシャルの支持構造およびデファレンシャルの構成部品によれば、軸受部品は、窒素富化層が形成された上で、オーステナイト粒径が粒度番号で11番以上に微細化され、水素含有率も低減される。このため、デファレンシャルの支持構造およびデファレンシャルの構成部品の疲労寿命（デファレンシャルの支持構造の場合には転動疲労寿命）が大きく改善され、優れた耐割れ強度や耐経年寸法変化を得ることができる。また、これによりデファレンシャルの支持構造およびデファレンシャルを小さくできるので、デファレンシャルの小型化が図れる。

20

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0033】

次に図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

## 【0034】

## （実施の形態1）

図1（a）は、本発明の実施の形態1におけるデファレンシャルの支持構造を示す概略断面図である。

30

## 【0035】

図1（a）を参照して、デファレンシャル10と、デファレンシャル10の周囲に配置された外周部分19a、19bとが示されている。デファレンシャル10は、図中左方向に伸びたドライブピニオン20と歯合している。ドライブピニオン20は、回転することによりデファレンシャル10に動力を伝達する。また、デファレンシャル10にはアクスルシャフト17a、17bが図中縦方向に連結されている。アクスルシャフト17a、17bは、ドライブピニオン20からの動力を受け回転する。デファレンシャルの支持構造1は、デファレンシャル10におけるドライブピニオン20とアクスルシャフト17a、17bとを、外周部分19a、19bなどの固定部材に対して回転自在に支持するものである。

40

## 【0036】

デファレンシャル10は、ドライブピニオン20と、アクスルシャフト17a、17bと、ピニオンシャフト18と、リングギヤ8と、ピニオンギヤ14a、14bと、サイドギヤ9a、9bと、デファレンシャルケース15とを主に有している。アクスルシャフト17a、17bの各々の先端には図示しない2つの車輪が接続されている。リングギヤ8と、ピニオンギヤ14a、14bと、サイドギヤ9a、9bとは、これら2つの車輪の各々を差動させるためのデファレンシャル10の歯車を構成している。アクスルシャフト17a、17bと、ピニオンシャフト18とは、デファレンシャル10の軸を構成している。

## 【0037】

リングギヤ8は、ボルト16によりデファレンシャルケース15に固定されていて、ド  
50

ライブピニオン 20 の先端部分のドライブピニオンギヤ 20 a と歯合している。デファレンシャルケース 15 内には、ピニオンギヤ 14 a、14 b およびサイドギヤ 9 a、9 b が配置されている。デファレンシャルケース 15 にはピニオンシャフト 18 が連結されていて、ピニオンギヤ 14 a、14 b の各々は、ピニオンシャフト 18 に嵌めこまれている。これにより、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b とはピニオンシャフト 18 に連結されている。ピニオンギヤ 14 a、14 b の各々は図中左右に互いに対向して配置され、ピニオンシャフト 18 を軸として自転可能である。サイドギヤ 9 a、9 b は、図中下に互いに対向して配置されている。サイドギヤ 9 a、9 b の各々はピニオンギヤ 14 a、14 b の各々と歯合している。サイドギヤ 9 a は図中下側のアクスルシャフト 17 a に連結されていて、サイドギヤ 9 b は図中上側のアクスルシャフト 17 b に連結されている。

## 【0038】

統いて、本実施の形態におけるデファレンシャルの動作について説明する。

## 【0039】

ドライブピニオン 20 が回転することによりリングギヤ 8 に伝達された動力を受けて、デファレンシャルケース 15 と、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b と、サイドギヤ 9 a、9 b と、アクスルシャフト 17 a、17 b とが一体となってアクスルシャフト 17 a、17 b を軸として回転する。

## 【0040】

ここで、たとえば本実施の形態におけるデファレンシャル 10 が自動車に適用される場合において、自動車が平らな道を直進している時には、2つのアクスルシャフト 17 a、17 b には等しい抵抗が加わる。このため、デファレンシャルケース 15 内のピニオンギヤ 14 a、14 b およびサイドギヤ 9 a、9 b の各々は自転しない。これにより、2つのアクスルシャフト 17 a、17 b はとともに同じ回転数で回転する。

## 【0041】

一方、自動車が旋回している時や凹凸のある路面を走行している時には、2つのアクスルシャフト 17 a、17 b に加わる抵抗に差が出る。すると、アクスルシャフト 17 a、17 b に加わる抵抗の差により、ピニオンギヤ 14 a、14 b がピニオンシャフト 18 を軸として自転する。これにより、抵抗の大きい方のアクスルシャフト（たとえばアクスルシャフト 17 a）に連結されたサイドギヤ（たとえばサイドギヤ 9 a）の回転の減少分が、抵抗の小さい方のサイドギヤ（たとえばサイドギヤ 9 b）へ配分される。その結果、抵抗の小さい方のアクスルシャフト 17 b の回転数が抵抗の大きい方のアクスルシャフト 17 a の回転数よりも大きくなる。このようにして、アクスルシャフト 17 a、17 b の各々に接続された2つの車輪の各々が差動するように動力が伝えられる。

## 【0042】

本実施の形態においては、デファレンシャル 10 を構成している構成部品（ドライブピニオン 20、アクスルシャフト 17 a、17 b、ピニオンシャフト 18、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b、サイドギヤ 9 a、9 b、デファレンシャルケース 15）が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 10 番を超える範囲にある。

## 【0043】

本実施の形態においては、デファレンシャル 10 を構成している構成部品（ドライブピニオン 20、アクスルシャフト 17 a、17 b、ピニオンシャフト 18、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b、サイドギヤ 9 a、9 b、デファレンシャルケース 15）が窒素富化層を有し、破壊応力値が 2650 MPa 以上である。

## 【0044】

本実施の形態においては、デファレンシャル 10 を構成している構成部品（ドライブピニオン 20、アクスルシャフト 17 a、17 b、ピニオンシャフト 18、リングギヤ 8 と、ピニオンギヤ 14 a、14 b、サイドギヤ 9 a、9 b、デファレンシャルケース 15）が窒素富化層を有し、構成部品の水素含有率が 0.5 ppm 以下である。

10

20

30

40

50

## 【0045】

次に、図1(b)は、本発明の実施の形態1におけるデファレンシャルの支持構造である円すいころ軸受を示す概略断面図である。

## 【0046】

図1(a)および図1(b)を参照して、本実施の形態におけるデファレンシャルの支持構造1は、デファレンシャル10の図中上端部分と外周部分19bとの間に配置された円すいころ軸受1aと、デファレンシャル10の図中下端部分と外周部分19bとの間に配置された円すいころ軸受1bと、ドライブピニオン20と外周部分19aとの間に配置された円すいころ軸受1c、1dからなる。

## 【0047】

円すいころ軸受1aは、外輪2aと内輪3aと円すいころ4aと保持器5aとを備えている。外輪2aは外周部分19bの上部の内周面に配置されている。内輪3aはデファレンシャル10の上端部分に嵌合されて配置されている。円すいころ4aは、保持器5aにより転動自在に保持されて、外輪2aと内輪3aとの間に固定されている。円すいころ軸受1bは、外輪2bと内輪3bと円すいころ4bと保持器5bとを備えている。外輪2bは外周部分19bの下部の内周面に配置されている。内輪3bはデファレンシャル10の下端部分に嵌合されて配置されている。円すいころ4bは、保持器5bにより転動自在に保持されて、外輪2bと内輪3bとの間に固定されている。円すいころ軸受1cおよび円すいころ軸受1dは、外輪2cおよび外輪2dと、内輪3cおよび外輪3dと、円すいころ4cおよび円すいころ4dと、保持器5cおよび保持器5dとを備えている。外輪2cおよび外輪2dは外周部分19aの内周面に配置されている。内輪3cおよび内輪3dはドライブピニオン20に嵌合されて配置されている。円すいころ4cおよび円すいころ4dは、保持器5cおよび保持器5dにより転動自在に保持されて、外輪2cおよび外輪2dと内輪3cおよび内輪3dとの間に固定されている。

10

20

## 【0048】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造1を構成している内輪3a～3d、外輪2a～2dおよび円すいころ4a～4dのうち少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。

## 【0049】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造1を構成している内輪3a～3d、外輪2a～2dおよび円すいころ4a～4dのうち少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が2650MPa以上である。

30

## 【0050】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造1を構成している内輪3a～3d、外輪2a～2dおよび円すいころ4a～4dのうち少なくとも1つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が0.5ppm以下である。

## 【0051】

次に、デファレンシャルの支持構造1を構成している内輪3a～3d、外輪2a～2dおよび円すいころ4a～4dのうち少なくとも1つの部材、またはデファレンシャル10を構成している構成部品に行なう浸炭空化処理を含む熱処理について説明する。

40

## 【0052】

図2は、本発明の実施の形態1における熱処理方法を説明する図である。また、図3は、本発明の実施の形態1における熱処理方法の変形例を説明する図である。図2は1次焼入れおよび2次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図3は焼入れ途中で材料をA<sub>1</sub>変態点温度未満に冷却し、その後、再加熱して最終的に焼入れる方法を示す熱処理パターンである。どちらも本発明の実施の形態例である。これらの図において、処理T<sub>1</sub>では鋼の素地に炭素や窒素を拡散させまた炭素の溶け込みを十分に行なった後、A<sub>1</sub>変態点未満に冷却する。次に、図中の処理T<sub>2</sub>において、処理T<sub>1</sub>よりも低温に再加熱し、そこから油焼入れを施す。

## 【0053】

50

上記の熱処理は、普通焼入れ、すなわち浸炭窒化処理に引き続いてそのまま1回焼入れするよりも、材料の表層部分を浸炭窒化しつつ、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率を減少することができる。上記の熱処理方法によれば、オーステナイト結晶粒の粒径が従来の2分の1以下となるミクロ組織を得ることができる。したがって、本実施の形態におけるデファレンシャルの支持構造1に上記の熱処理を施すことにより、デファレンシャルの支持構造1の転動疲労特性が長寿命となり、割れ強度が向上し、経年寸法変化率が減少する。また、本実施の形態におけるデファレンシャル1の構成部品に上記の熱処理を施すことにより、デファレンシャル1の疲労特性が長寿命となり、割れ強度が向上し、経年寸法変化率が減少する。

#### 【0054】

なお、水素含有率のみを本発明の範囲に入れる場合には、 $T_2$ 温度である2次焼入温度を浸炭窒化処理の加熱温度 $T_1$ （1次焼入温度）より低くする必要はなく、2次焼入温度 $T_2$ を1次焼入温度 $T_1$ 以上にしてもよい。すなわち、 $T_2$ が $T_1$ よりも高くても水素含有率は本発明の範囲内に入れることができる。しかし、2次焼入温度を1次焼入温度未満することにより、水素含有率を低減した上で、さらにオーステナイト粒径が粒度番号10番を超えるようにすることができる。したがって、 $T_2$ が $T_1$ 未満であることが望ましい。

#### 【0055】

また、上記の熱処理のどちらによっても、その中の浸炭窒化処理により「浸炭窒化処理層」である窒素富化層が形成される。浸炭窒化処理において素材となる鋼の炭素濃度が高いため、通常の浸炭窒化処理の雰囲気から炭素が鋼の表面に侵入しにくい場合がある。たとえば炭素濃度が高い鋼の場合（1wt%程度の鋼）、それ以上高い炭素濃度の浸炭層が生成する場合もあるし、それ以上高い炭素濃度の浸炭層は生成しにくい場合がある。しかし、窒素濃度は、Cr濃度などにも依存するが、通常の鋼では最大限0.025wt%程度以下と低いので、素材の鋼の炭素濃度によらず窒素富化層が明瞭に生成される。上記窒素富化層には炭素が富化されていてもよいことはいうまでもない。

#### 【0056】

図4はデファレンシャルの支持構造における部材のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。図4(a)は本発明例の軸受部品であり、図4(b)は従来の軸受部品である。すなわち、上記図2に示す熱処理パターンを適用した軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(a)に示す。また、比較のため、従来の熱処理方法による軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(b)に示す。また、図5(a)および図5(b)は、上記図4(a)および図4(b)を図解したオーステナイト結晶粒界を示す図である。これらオーステナイト結晶粒度を示す組織より、従来のオーステナイト粒径はJIS規格の粒度番号で10番であり、また本発明による熱処理方法によれば12番の細粒を得ることができる。また、図4(a)の平均粒径は、切片法で測定した結果、5.6μmであった。

#### 【0057】

##### （実施の形態2）

図6は、本発明の実施の形態2におけるデファレンシャルの支持構造である深溝玉軸受を示す概略断面図である。

#### 【0058】

図6を参照して、本実施の形態におけるデファレンシャルの支持構造1は、円すいころ軸受1a～1dに代わって深溝玉軸受7a～7dで構成されている。

#### 【0059】

深溝玉軸受7aは、外輪2aと内輪3aと玉6aと保持器5aとを備えている。外輪2aは外周部分19b（図1(a)）の上部の内周面に配置されている。内輪3aはデファレンシャル1の（図1(a)）の上端部分に嵌合されて配置されている。玉6aは保持器5aにより転動自在に保持されて、外輪2aと内輪3aとの間に固定されている。深溝玉軸受7bは、外輪2bと内輪3bと玉6bと保持器5bとを備えている。外輪2bは外周部分19bの下部の内周面に配置されている。内輪3bはデファレンシャル1の下端部分に嵌合されて配置されている。玉6bは、保持器5bにより転動自在に保持されて、外

10

20

30

40

50

輪 2 b と内輪 3 b との間に固定されている。深溝玉軸受 7 c および深溝玉軸受 7 d は、外輪 2 c および外輪 2 d と、内輪 3 c および内輪 3 d と、玉 6 c および玉 6 d と、保持器 5 c および保持器 5 d を備えている。外輪 2 c および外輪 2 d は外周部分 1 9 a ( 図 1 ( a ) ) の内周面に配置されている。内輪 3 c および内輪 3 d はドライブピニオン 2 0 ( 図 1 ( a ) ) に嵌合されて配置されている。玉 4 c および玉 4 d は、保持器 5 c および保持器 5 d により転動自在に保持されて、外輪 2 c および外輪 2 d と内輪 3 c および内輪 3 d との間に固定されている。

#### 【 0 0 6 0 】

なお、これ以外の構成については図 1 ( a ) 、 ( b ) に示す実施の形態 1 の構成とほぼ同じであるため、同一の構成要素については同一の符号を付し、その説明を省略する。

10

#### 【 0 0 6 1 】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d 、外輪 2 a ~ 2 d および玉 6 a ~ 6 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が 1 0 番を超える範囲にある。

#### 【 0 0 6 2 】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d 、外輪 2 a ~ 2 d および玉 6 a ~ 6 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、破壊応力値が 2 6 5 0 M P a 以上である。

#### 【 0 0 6 3 】

本実施の形態においては、デファレンシャルの支持構造 1 を構成している内輪 3 a ~ 3 d 、外輪 2 a ~ 2 d および玉 6 a ~ 6 d のうち少なくとも 1 つの部材が窒素富化層を有し、その部材の水素含有率が 0. 5 p p m 以下である。

20

#### 【実施例】

#### 【 0 0 6 4 】

次に本発明の実施例について説明する。

#### 【 0 0 6 5 】

##### (実施例 1)

J I S 規格 S U J 2 材 ( 1. 0 重量 % C - 0. 2 5 重量 % S i - 0. 4 重量 % M n - 1. 5 重量 % C r ) を用いて、本発明の実施例 1 を行なった。表 1 に示した各試料の製造履歴を以下に示す。

30

#### 【 0 0 6 6 】

【表 1】

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭 窒化処理品	普通 焼入品
二次焼入 温度(°C)	780 <sup>1)</sup>	800	815	830	850	870	-	-
水素量 (ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
結晶粒度 (JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
シャルピー衝撃 値(J/cm <sup>2</sup> )	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破壊応力値 (MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
転動疲労 寿命比(L <sub>10</sub> )	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 今回は、焼入不足のため評価できなかった

10

20

## 【0067】

(試料 A～D；本発明例)：浸炭窒化処理 850°C、保持時間 150 分間。雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。図2に示す熱処理パターンにおいて、浸炭窒化処理温度 850°C から 1 次焼入れを行ない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度域 780°C～830°C に加熱して 2 次焼入れを行なった。ただし、2 次焼入温度 780°C の試料 A は焼入不足のため試験の対象から外した。

(試料 E、F；比較例)：浸炭窒化処理は、本発明例 A～D と同じ履歴で行ない、2 次焼入れ温度を浸炭窒化処理温度 850°C 以上の 850°C～870°C で行なった。

(従来浸炭窒化処理品；比較例)：浸炭窒化処理 850°C、保持時間 150 分間。雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。浸炭窒化処理温度からそのまま焼入れを行ない、2 次焼入れは行なわなかった。

(普通焼入れ品；比較例)：浸炭窒化処理を行なわずに、850°C に加熱して焼入れた。2 次焼入れは行なわなかった。

30

## 【0068】

上記の試料に対して、(1) 水素量の測定、(2) 結晶粒度の測定、(3) シャルピー衝撃試験、(4) 破壊応力値の測定、(5) 転動疲労試験、の各試験を行なった。次にこれらの試験方法について説明する。

## 【0069】

## I 実施例 1 の試験方法

## (1) 水素量の測定

水素量は、LECO社製 DH-103 型水素分析装置により、鋼中の非拡散性水素量を分析した。拡散性水素量は測定していない。この LECO社製 DH-103 型水素分析装置の仕様を下記に示す。

40

## 【0070】

分析範囲：0.01～50.0 ppm

分析精度：±0.1 ppm または ±3% H (いずれか大なる方)

分析感度：0.01 ppm

検出方式：熱伝導度法

試料重量サイズ：10 mg～35 g (最大：直径 12 mm × 長さ 100 mm)

加熱炉温度範囲：50°C～1100°C

50

試薬：アンハイドロン Mg ( $\text{ClO}_4$ )<sub>2</sub>、アスカライト NaOH  
キャリアガス：窒素ガス、ガスドージングガス：水素ガス、いずれのガスも純度 99.9% 以上、圧力 4.0 P S I (2.8 k g f / cm<sup>2</sup>) である。

## 【0071】

測定手順の概要是以下のとおりである。専用のサンプラーで採取した試料をサンプラーごと上記の水素分析装置に挿入する。内部の拡散性水素は窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導かれる。この拡散性水素は本実施例では測定しない。次に、サンプラーから試料を取出し抵抗加熱炉内で加熱し、非拡散性水素を窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導く。熱伝導度検出器において熱伝導度を測定することによって非拡散性水素量を知ることができる。

10

## （2）結晶粒度の測定

結晶粒度の測定は、J I S G 0551 の鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に基づいて行なった。

## （3）シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、J I S Z 2242 の金属材料のシャルピー衝撃試験方法に基づいて行なった。試験片は、J I S Z 2202 に示された U ノッチ試験片 (J I S 3 号試験片) を用いた。なお、シャルピー衝撃値は、次式の吸収エネルギー E を断面積 (0.8 cm<sup>2</sup>) で除した値である。

20

## 【0072】

$$\text{吸収エネルギー} : E = W g R (\cos \beta - \cos \alpha)$$

W : ハンマー重量 (= 25.438 kg)

g : 重力加速度 (= 9.80665 m / sec<sup>2</sup>)

R : ハンマー回転軸中心から重心までの距離 (= 0.6569 m)

$\alpha$  : ハンマー持ち上げ角度 (= 146°),  $\beta$  : ハンマー降り上がり角度

## （4）破壊応力値の測定

図 7 は、静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）の試験片を示す図である。図中の P 方向に荷重を負荷して破壊されるまでの荷重を測定する。その後、得られた破壊荷重を、下記に示す曲がり梁の応力計算式により応力値に換算する。なお、試験片は図 7 に示す試験片に限られず、他の形状の試験片を用いてもよい。

30

## 【0073】

図 7 の試験片の凸表面における繊維応力を  $\sigma_1$ 、凹表面における繊維応力を  $\sigma_2$  とすると、 $\sigma_1$  やび  $\sigma_2$  は下記の式によって求められる（機械工学便覧 A 4 編材料力学 A 4-40）。ここで、N は円環状試験片の軸を含む断面の軸力、A は横断面積、 $e_1$  は外半径、 $e_2$  は内半径を表す。また、 $\kappa$  は曲がり梁の断面係数である。

## 【0074】

$$\sigma_1 = (N/A) + \{M/(A\rho_0)\} [1 + e_1/\{\kappa(\rho_0 + e_1)\}]$$

$$\sigma_2 = (N/A) + \{M/(A\rho_0)\} [1 - e_2/\{\kappa(\rho_0 - e_2)\}]$$

$$\kappa = -(1/A) \int_A (\eta / (\rho_0 + \eta)) dA$$

## （5）転動疲労試験

転動疲労寿命試験の試験条件を表 2 に示す。また、図 8 は、転動疲労寿命試験機の概略図である。図 8 (a) は正面図であり、図 8 (b) は側面図である。

40

## 【0075】

図 8 (a) やび (b) を参照して、転動疲労寿命試験片 21 は、駆動ロール 11 によつて駆動され、ボール 13 と接触して回転している。ボール 13 は、(3/4)" のボールであり、案内ロール 12 にガイドされて、転動疲労寿命試験片 21 との間で高い面圧を及ぼし合いながら駆動する。

## 【0076】

## I I 実施例 1 の試験結果

## （1）水素量

浸炭窒化処理したままの従来浸炭窒化処理品は、0.72 ppm と非常に高い値となつ

50

ている。これは、浸炭窒化処理の雰囲気に含まれるアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) が分解して水素が鋼中に侵入したためと考えられる。これに対して、試料 B～D は、水素量は 0.37～0.40 ppm と半分近くにまで減少している。この水素量は普通焼入れ品と同じレベルである。

#### 【0077】

上記の水素量の低減により、水素の固溶に起因する鋼の脆化を軽減することができる。すなわち、水素量の低減により、本発明例の試料 B～D のシャルピー衝撃値は大きく改善されている。

#### (2) 結晶粒度

結晶粒度は 2 次焼入れ温度が、浸炭窒化処理時の焼入れ（1 次焼入れ）の温度より低い場合、すなわち試料 B～D の場合、オーステナイト粒は、結晶粒度番号 11～12 と頭著に微細化されている。試料 E や F ならびに従来浸炭窒化処理品および普通焼入れ品のオーステナイト粒は、結晶粒度番号 10 であり、本発明例の試料 B～D より粗大な結晶粒となっている。

#### (3) シャルピー衝撃試験

表 1 によれば、従来浸炭窒化処理品のシャルピー衝撃値は  $5.33 \text{ J/cm}^2$  であるのに比して、本発明例の試料 B～D のシャルピー衝撃値は  $6.30 \sim 6.65 \text{ J/cm}^2$  と高い値が得られている。この中でも、2 次焼入れ温度が低いほうがシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。普通焼入れ品のシャルピー衝撃値は  $6.70 \text{ J/cm}^2$  と高い。

#### (4) 破壊応力値の測定

上記破壊応力値は、耐割れ強度に相当する。表 1 によれば、従来浸炭窒化処理品は  $2.330 \text{ MPa}$  の破壊応力値となっている。これに比して、試料 B～D の破壊応力値は  $2.650 \sim 2.840 \text{ MPa}$  と改善された値が得られる。普通焼入れ品の破壊応力値は  $2.770 \text{ MPa}$  であり、試料 B～F の破壊応力値と同等である。このような、試料 B～D の改良された耐割れ強度は、オーステナイト結晶粒の微細化と並んで、水素含有率の低減による効果が大きいと推定される。

#### (5) 転動疲労試験

表 1 によれば、普通焼入れ品は窒素富化層を表層部に有しないことを反映して、転動疲労寿命  $L_{10}$  は最も低い。これに比して従来浸炭窒化処理品の転動疲労寿命は  $3.1$  倍となる。試料 B～D の転動疲労寿命は従来浸炭窒化処理品より大幅に向上する。本発明の試料 E, F は、従来浸炭窒化処理品とほぼ同等である。

#### 【0078】

上記をまとめると、本発明例の試料 B～D は、水素含有率が低下し、オーステナイト結晶粒度が 11 番以上に微細化され、シャルピー衝撃値、耐割れ強度および転動疲労寿命も改善される。

#### 【0079】

##### (実施例 2)

次に実施例 2 について説明する。下記の X 材、Y 材および Z 材について、一連の試験を行なった。熱処理用素材には、JIS 規格 SUJ 2 材 (1.0 重量% C - 0.25 重量% Si - 0.4 重量% Mn - 1.5 重量% Cr) を用い、X 材～Z 材に共通とした。X 材～Z 材の製造履歴は次のとおりである。

(X 材：比較例)：普通焼入れのみ（浸炭窒化処理せず）。

(Y 材：比較例)：浸炭窒化処理後にそのまま焼き入れる（従来の浸炭窒化焼入れ）。浸炭窒化処理温度  $845^\circ\text{C}$ 、保持時間 150 分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RX ガス + アンモニアガスとした。

(Z 材：本発明例)：図 3 の熱処理パターンを施した軸受鋼。浸炭窒化処理温度  $845^\circ\text{C}$ 、保持時間 150 分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RX ガス + アンモニアガスとした。最終焼入れ温度は  $800^\circ\text{C}$  とした。

#### (1) 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験条件および試験装置は、上述したように、表 2 および図 8 に示

すとおりである。この転動疲労寿命試験結果を表3に示す。

【0080】

【表2】

試験片	φ12×L22 円筒試験片
試験数	10個
相手鋼球	3/4"(19.05mm)
接触面圧	5.88GPa
負荷速度	46240cpm
潤滑油	タービン VG68 強制循環給油

10

【0081】

【表3】

材質	寿命(負荷回数)		$L_{10}$ の比
	$L_{10} (\times 10^4 \text{ 回})$	$L_{10} (\times 10^4 \text{ 回})$	
X材	8017	18648	1.0
Y材	24656	33974	3.1
Z材	43244	69031	5.4

20

【0082】

表3によれば、比較例のY材は、同じく比較例で普通焼入れのみを施したX材の $L_{10}$ 寿命（試験片10個中1個が破損する寿命）の3.1倍を示し、浸炭窒化処理による長寿命化の効果が認められる。これに対して、本発明例のZ材は、Y材の1.74倍、またX材の5.4倍の長寿命を示している。この改良の主因はミクロ組織の微細化によるものと考えられる。

30

#### (2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、Uノッチ試験片を用いて、上述のJISZ2242に準じた方法により行なった。試験結果を表4に示す。

【0083】

【表4】

材質	シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	衝撃値の比
X材	6.7	1.0
Y材	5.3	0.8
Z材	6.7	1.0

40

【0084】

浸炭窒化処理を行なったY材（比較例）のシャルピー衝撃値は、普通焼入れのX材（比較例）より高くないが、Z材はX材と同等の値が得られた。

#### (3) 静的破壊靭性値の試験

図9は、静的破壊靭性試験の試験片を示す図である。この試験片のノッチ部に、予き裂を約1mm導入した後に、3点曲げによる静的荷重を加え、破壊荷重Pを求めた。破壊靭

50

性値 ( $K_{Ic}$  値) の算出には次に示す(1)式を用いた。また、試験結果を表5に示す。

$$K_{Ic} = \left( P L \sqrt{a / BW^2} \right) \{ 5.8 - 9.2 (a / W) + 43.6 (a / W)^2 - 7.5 \cdot 3 (a / W)^3 + 77.5 (a / W)^4 \} \dots (1)$$

【0085】

【表5】

材質	試験数	$K_{Ic}$ (MPa· $\sqrt{m}$ )	$K_{Ic}$ の比
X材	3個	16.3	1.0
Y材	3個	16.1	1.0
Z材	3個	18.9	1.2

10

【0086】

予め導入した亀裂深さが窒素富化層深さよりも大きくなつたため、比較例のX材とY材とに違いはない。しかし、本発明例のZ材は比較例に対して約1.2倍の値を得ることができた。

(4) 静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）

静圧壊強度試験片は、上述のように図7に示す形状のものを用いた。図中、P方向に荷重を負荷して、静圧壊強度試験を行なつた。試験結果を表6に示す。

【0087】

20

【表6】

材質	試験数	静圧壊強度(kgf)	静圧壊強度の比
X材	3個	4200	1.00
Y材	3個	3500	0.84
Z材	3個	4300	1.03

30

【0088】

浸炭化処理を行なつているY材は普通焼入れのX材よりもやや低い値である。しかしながら、本発明のZ材は、Y材よりも静圧壊強度が向上し、X材と遜色ないレベルが得られている。

(5) 経年寸法変化率

保持温度130°C、保持時間500時間における経年寸法変化率の測定結果を、表面硬度、残留オーステナイト量(0.1mm深さ)と併せて表7に示す。

【0089】

【表7】

材質	試験数	表面硬度(HRC)	残留γ量(体積%)	寸法変化率( $\times 10^{-5}$ )	寸法変化率の比*
X材	3個	62.5	9.0	18	1.0
Y材	3個	63.6	28.0	35	1.9
Z材	3個	60.0	11.3	22	1.2

40

\*: 小さい方が優れている

【0090】

残留オーステナイト量の多いY材の寸法変化率に比べて、本発明例のZ材は2分の1以下に抑制されていることがわかる。

50

## (6) 異物混入潤滑下における寿命試験

玉軸受6206を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入潤滑下での転動疲労寿命を評価した。試験条件を表8に、また試験結果を表9に示す。

【0091】

【表8】

荷重	Fr=6.86kN
接触面圧	Pmax=3.2Gpa
回転速度	2000rpm
潤滑	ターピン56 油浴給油
異物量	0.4g/1000cc
異物	粒径100~180μm、硬さHv800

10

【0092】

【表9】

材質	L <sub>10</sub> 寿命(h)	L <sub>10</sub> 寿命の比
X材	20.0	1.0
Y材	50.2	2.5
Z材	74.0	3.7

20

【0093】

X材に比べ、従来の浸炭窒化処理を施したY材は約2.5倍の長寿命が得られた。また、本発明例のZ材は約3.7倍の長寿命が得られた。本発明例のZ材は、比較例のY材に比べて残留オーステナイトが少ないものの、窒素の侵入と微細化されたミクロ組織の影響で長寿命が得られている。

【0094】

上記の結果より、本発明例のZ材、すなわち本発明の熱処理方法によって製造された軸受部品は、従来の浸炭窒化処理では困難であった転動疲労寿命の長寿命化、割れ強度の向上、経年寸法変化率の低減の3項目を同時に満足することができる事がわかった。

30

【0095】

なお、本実施の形態1および2においては、デファレンシャルの支持構造1として円すいころ軸受1a～1dまたは深溝玉軸受7a～7dが用いられる場合について示したが、本発明はこのような場合に限らず、たとえばアンギュラ玉軸受や円筒ころ軸受が用いられてもよい。

【0096】

本実施の形態1においては、外輪2a(2b)が外周部分19a(19b)と別体である場合について示したが、本発明はこのような場合に限らず、外輪2a(2b)が外周部分19a(19b)と一体化してもよい。また、本実施の形態1においては、内輪3a(3b)が外周部分19a(19b)と別体である場合について示したが、本発明はこのような場合に限らず、外輪3a(3b)が外周部分19a(19b)と一体化してもよい。

40

【0097】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0098】

【図1】(a) 本発明の実施の形態1におけるデファレンシャルの支持構造を示す概略断面図である。(b) 本発明の実施の形態1におけるデファレンシャルの支持構造である円すいころ軸受を示す概略断面図である。

【図2】本発明の実施の形態1における熱処理方法を説明する図である。

【図3】本発明の実施の形態1における熱処理方法の変形例を説明する図である。

【図4】デファレンシャルの支持構造における部材のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。(a)は本発明例の軸受部品であり、(b)は従来の軸受部品である。

【図5】(a)は図4(a)を図解したオーステナイト粒界を示し、(b)は図4(b)を図解したオーステナイト粒界を示す。 10

【図6】本発明の実施の形態2におけるデファレンシャルの支持構造である深溝玉軸受を示す概略断面図である。

【図7】静圧強度試験(破壊応力値の測定)の試験片を示す図である。

【図8】転動疲労寿命試験機の概略図である。(a)は正面図であり、(b)は側面図である。

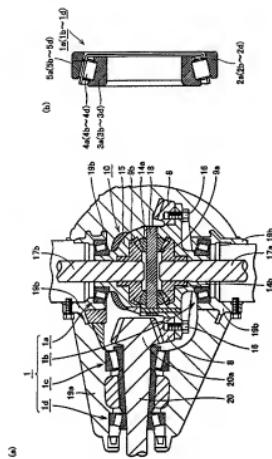
【図9】静的破壊韌性試験の試験片を示す図である。

## 【符号の説明】

【0099】

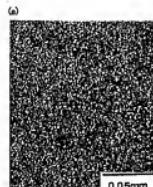
1 デファレンシャルの支持構造、1a～1d 円すいころ軸受、2a～2d 外輪、20  
3a～3d 内輪、4a～4d 円すいころ、5a～5d 保持器、6a～6d 玉、7  
7a～7d 深溝玉軸受、8 リングギヤ、9a, 9b サイドギヤ、10 デファレンシ  
ャル、11 駆動ロール、12 室内ロール、13 (3/4)" ポール、14a, 14b  
ビニオンギヤ、15 デファレンシャルケース、16 ボルト、17a, 17b アク  
スルシャフト、18 ビニオンシャフト、19a, 19b 外周部分、20 ドライブビ  
ニオン、20a ドライブビニオンギヤ、21 転動疲労寿命試験片、T<sub>1</sub> 漿炭窒化処  
理温度、T<sub>2</sub> 焼入れ加熱温度。

【図1】

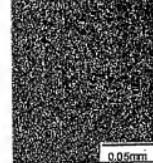


3

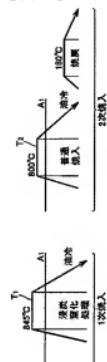
【図4】



3



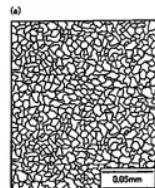
【図2】



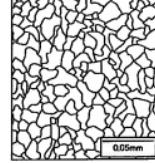
【図3】

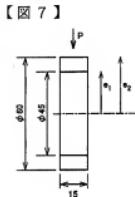
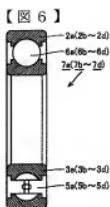


【図5】

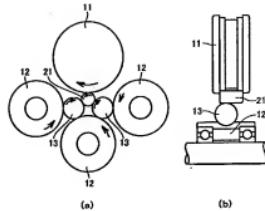


3

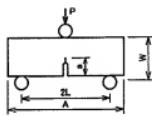




【図 8】



【図 9】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード（参考）
F 1 6 C 19/36	F 1 6 C 19/36	
F 1 6 C 33/32	F 1 6 C 33/32	
F 1 6 C 33/34	F 1 6 C 33/34	
F 1 6 C 33/62	F 1 6 C 33/62	
F 1 6 H 57/02	F 1 6 H 57/02	3 0 2 B

(74)代理人 100111936

弁理士 渡辺 征一

(72)発明者 奥上 浩一

静岡県磐田市東貝塚1578番地 N T N株式会社内

(72)発明者 村松 芳紀

静岡県磐田市東貝塚1578番地 N T N株式会社内

(72)発明者 大木 力

三重県桑名市大字東方字尾弓田3066 N T N株式会社内

F ターム(参考) 3J027 FA37 FB02 HA01 HA03 HB07 HC15  
3J063 AA02 AB02 AC11 BA10 XC02  
3J101 AA02 AA16 AA32 AA42 AA54 AA62 BA10 BA70 DA02 EA02  
FA15 FA35 GA01  
4K028 AA03 AB01 AB06  
4K042 AA22 BA01 BA04 CA01 DA01 DC02